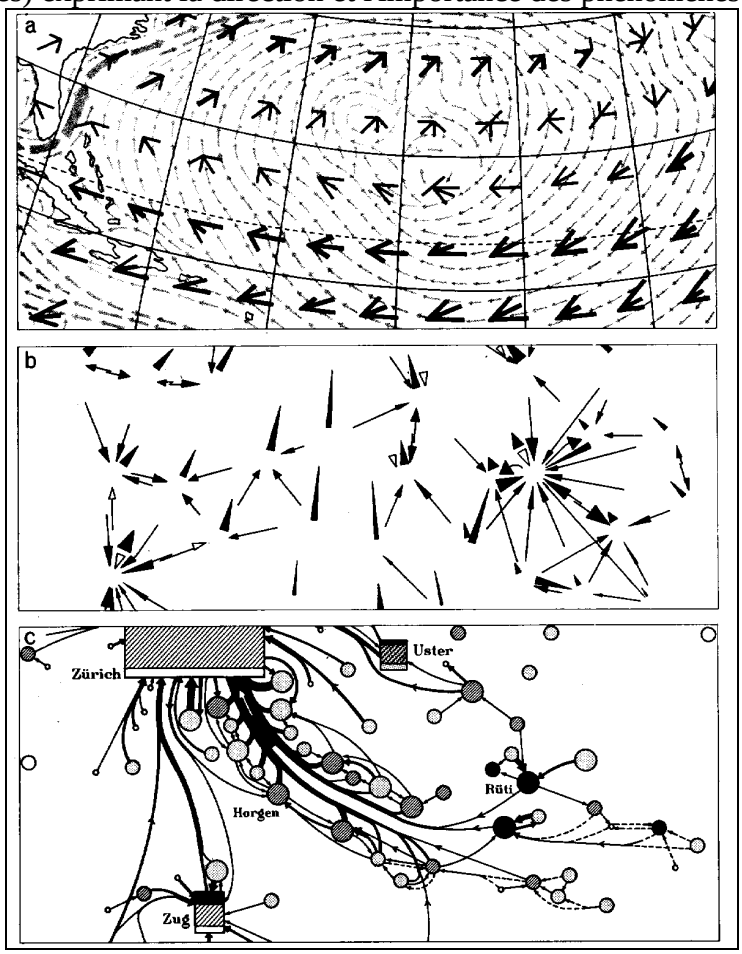
16. La représentation d'une information complexe (IV): l'exemple des dynamiques

Les types de dynamiques sont différents: mouvements dans l'espace et évolution dans le temps. La carte, document par définition statique, éprouve déjà - au moins à petite échelle - des difficultés à intégrer la troisième dimension dans un espace bidimensionnel. Comment alors *digérer* une quatrième, celle du temps?

A. Dynamique spatiale – cartes de flux

La représentation la plus classique des mouvements spatiaux fait appel au tracé de vecteurs (flèches, bandes) exprimant la direction et l'importance des phénomènes (fig. 116).



Source: E. Arnberger, Thematische Kartographie, Westermann, 1993

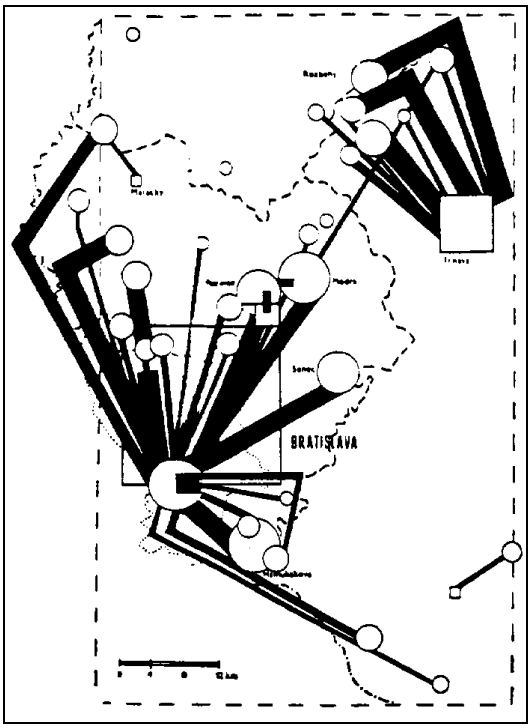
Fig. 116 : Exemples de la représentation qualitative et quantitative de flux

a) Vents et courants marins dans l'Atlantique Nord. La longueur des flèches remplies est proportionnelle à la fréquence des vents en août ; flèches des courants marins rasterisés (selon H. et P. Chaunu : *Séville et l'Atlantique*, Paris, 1956).
b) Migrations entre départements français en 1954 (la surface des flèches-triangles est proportionnelle au nombre de migrants, la longueur des triangles est proportionnelle au pourcentage des émigrants (coupure de carte selon S. Bonin).
c) Flèches et lignes de flux pour la représentation quantitative de flux en six classes (coupure de la carte 33 « migrants journaliers » de E. Imhof, tirée de l'Atlas de la Suisse, 1967).

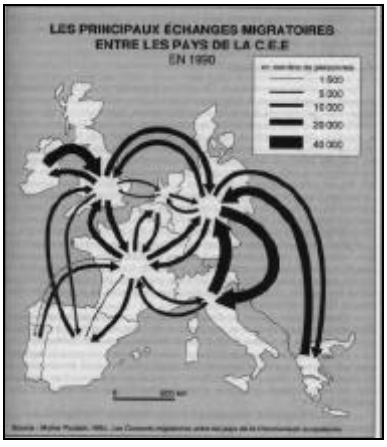
L'importance du flux (composante thématique) peut être exprimée par :

- La taille en implantation linéaire (largeur du vecteur)
- La longueur du vecteur (perception également quantitative)
- Une variable rétinienne ordonnée (valeur, valeur / couleur, grain)

L'utilisation de flèches convient notamment aux flux dont la direction et l'origine ne sont pas exactement définies (cartes des vents). La plupart des cartes de flux se basent sur des constructions assez ressemblantes (fig. 117 et118).



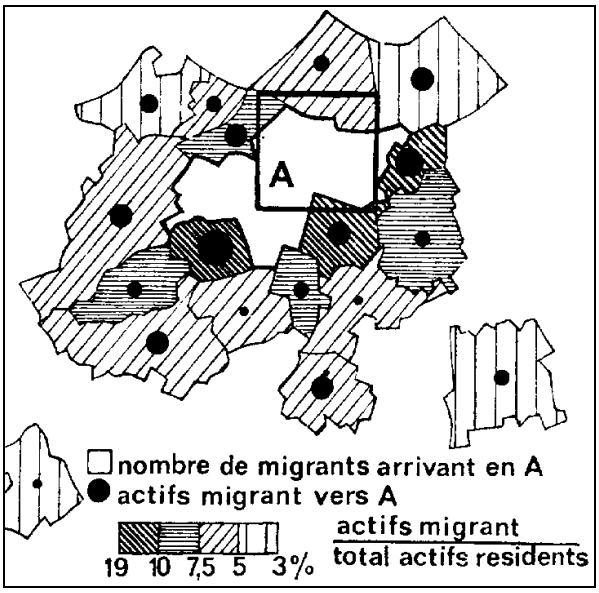
Source: R. Brunet, La carte, mode d'emploi, Fayard / Reclus, 1987
Fig. 117 : Loisirs en Slovaquie



Source: M. Béguin & D. Pumain, La représentation des données géographiques, Armand Colin, 1994
Fig. 118 : Cartographie des flux

Une représentation plus statique consiste à exprimer l'importance des départs à l'origine et à la destination; procédé employé couramment pour les cartes de migration (fig. 119). Dans ce cas il est important de faire passer trois informations :

- La part des migrants dans la population totale sur le lieu de départ
- Le nombre de migrants vers une destination (ancrage des taux dans la masse)
- Le nombre de total des migrants à destination



Source: F. Joly, La cartographie, PUF, 1976
Fig. 119 : Représentation des migrations

B. Dynamique temporelle – cartes d'évolution

Variabilité ou évolution ? Il convient de distinguer ces deux cas pour l'expression graphique.

Dans le premier cas de figure, le phénomène observé varie de façon plus ou moins aléatoire autour d'un état moyen. Par conséquent, il ne s'agit pas d'une évolution mais d'une oscillation autour d'un indice ou autour un état normal ou moyen. On réduit la variation temporelle à quelques descripteurs de la répartition chronologique (moyenne, écart-type). Tel est le cas des cartes climatiques[26]. Le résultat est statique et la carte représente un état moyen qui ne s'est peut-être jamais produit réellement pendant la période considérée. Ces cartes sont donc quelque peu abstraites mais ont l'avantage d'éliminer les situations aléatoires et singulières. Une indication de la variabilité (valeurs extrêmes, écart-type) est indispensable afin de situer la valeur moyenne dans le contexte de la série d'observations.

Si la variabilité temporelle dispose d'un sens, d'un gradient, le procédé évoqué ci-dessus ne convient plus. Il s'agit alors de représenter une évolution par une série de cartes statiques ou des cartes intégrant la dynamique.

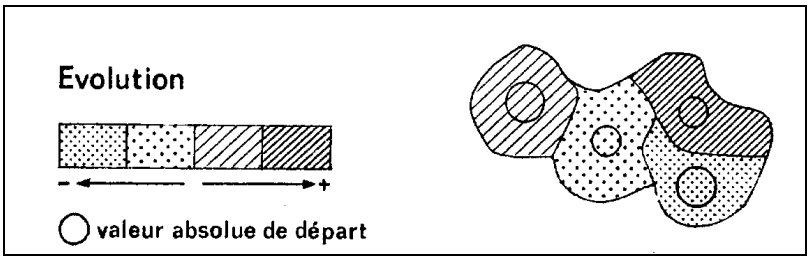
[26] au moins jusque dans les années 1980 avant la perception du « global change »

Construction d'une série de cartes

Il s'agit de la représentation du même phénomène (une ou plusieurs composantes thématiques) à différents moments et ceci dans l'ordre chronologique. Il va sans dire que le choix de ces moments fugaces est capital. Une telle série diachronique peut être juxtaposée, superposée, croisée numériquement ou encore enregistrée sur un support film (vidéo) comme un dessin animé. Des techniques d'interpolation entre les images par procédé morphomathématique ont été incorporées dans nombre de logiciels d'imagerie.

Construction d'une carte d'évolution

Une série de cartes revient à réduire la composante temps en invariant pour chaque carte de la série. Une carte d'évolution se caractérise par l'intégration de la composante temporelle et sa traduction en variables graphiques.
La manière la plus classique est de calculer l'évolution des masses (évolution absolue) ou de taux (évolution relative) pour l'intervalle considéré ($t_0 \rightarrow t_1$) en prenant la date de départ (t_0) comme base de calcul. Le résultat peut être représenté de manière quantitative ou réduit en classes (ordonné) ce qui permet d'étaler des couleurs sous forme d'un double dégradé (couleurs chaudes pour une hausse, froides pour une baisse). On peut également réaliser une double progression de la valeur avec deux textures différentes (hachures et pointillés par exemple). Afin d'ancrer cette évolution dans le contexte, il convient d'y ajouter la quantité absolue de départ. Ce principe est illustré dans la fig. 120.



Source: F. Joly, La cartographie, PUF, 1976
Fig. 120 : Représentation d'une évolution – taux et masse de départ

Problèmes de calcul de l'évolution et de sa représentation

On distingue entre :

- **Evolution absolue** ($t_0 - t_1$)
- **Evolution relative** ($t_0 - t_1$) / $t_0 * 100$

L'évolution relative rend comparable les évolutions mais donne trop d'importance aux évolutions des valeurs faibles (20% de hausse sur 100 ou sur 100 000 habitants ?). Le procédé d'y ajouter les valeurs absolues de départ, évoqué ci-dessus, remédie à ce problème.

Les calculs d'évolution s'orientant à une composante / référentiel extérieur à la série des données sont plus sensibles aux modes de calcul.

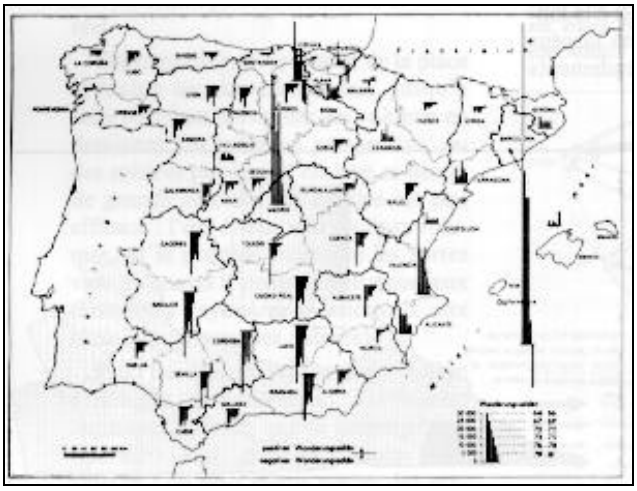
Exemple: Evolution d'une catégorie par rapport à l'évolution de la population totale

On calcule l'évolution du nombre d'employés d'une commune par rapport à sa population totale. Passer de 500 à 750 employés dans une commune signifie une augmentation de 50%. Mais si la population totale s'accroît entre-temps de 2 500 à 5 000 personnes, la proportion d'employés est tombé de 20% à 15%. Deux modes de calcul … et la carte change de couleur.

Exemple: Sondage politique

Un politicien passe de 430 à 460 avis favorables pour un échantillon de 1 000 sondés. Ce sondage le fait gagner **7%** (rapport de taux) ou le fait grimper de **3 points** (différence de taux) dans la popularité. "*Les cartes qui en résultent ne sont pas les mêmes: le rapport des taux minimise les évolutions pour les taux élevés, les différences de taux les maximisent. Il est plus facile de passer de 2 à 4% que de 20 à 40%, et plus facile en principe de gagner <5 points> quand on a 50 que quand on en a 1*." (BRUNET, 1987).

L'expression se complique si l'évolution s'étend sur plus de deux dates. Les possibilités d'évolution augmentent potentiellement tout en réduisant la carte à une figuration. La tentation est alors forte de recourir à des carto-diagrammes malgré leurs défauts inhérents (fig. 121). Un traitement de l'information s'impose.



Source: R. Brunet, La carte, mode d'emploi, Fayard / Reclus, 1987

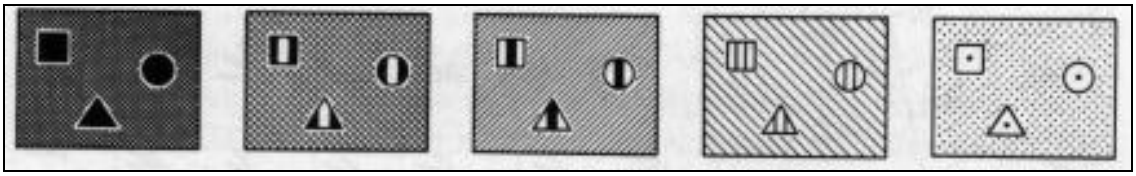
Fig. 121 : Les Espagnols bougent moins. Soldes migratoires provinciaux par périodes triennales, de 1964 à 1981

Ainsi, et pour trois dates, est-il possible de réduire les 9 possibilités d'évolution et de les regrouper sémiologiquement par l'emploi de trois couleurs de base (cf. fig. 122) :

$t_0 \rightarrow t_1$	$t_1 \rightarrow t_2$	regroupements possibles	sens d'évolution
↑	↑		hausse : dégradé de rouge
↑	—		
—	↑		
—	—		stable ou variable : dégradé d'une couleur neutre
↓	↑		
↑	↓		
—	↓		baisse : dégradé de bleu
↓	—		
↓	↓		

Fig. 122 : Possibilités dévolution et regroupements possibles pour une information à trois dates

Un problème particulier est de rendre graphiquement la genèse (géomorphologie, géologie, classes d'âge, ...). En règle générale on procède de la manière suivante: plus un objet est « vieux », plus il est lourd et dense sémiologiquement. On y associe des teintes sombres et saturées (fig. 123).



Source: E. Arnberger, Thematische Kartographie, Westermann, 1993
Fig. 123 : Représentation de la genèse en implantation surfacique et ponctuelle. Plus un objet est « vieux », plus est sémiologiquement lourd et dense

C. Exercice

1. Représenter l'évolution démographique des huit départements de Midi-Pyrénées entre les recensements 1936 – 1975 – 1990 en utilisant les valeurs du tableau (fig. 124) et le fond de carte (fig. 125).

Départements	**1936**	**1975**	**1990**
Ariège	155,1	137,90	136,7
Aveyron	314,7	278,30	270,1
Haute-Garonne	458,6	777,40	926
Gers	192,5	175,40	174,6
Lot	162,6	150,80	155,8
Hautes-Pyrénées	188,6	227,20	224,8
Tarn	297,9	338,00	342,7
Tarn et Garonne	164,6	183,30	200,2

Fig. 124 : Population (en milliers) de Midi-Pyrénées en 1936, 1975 et 1990

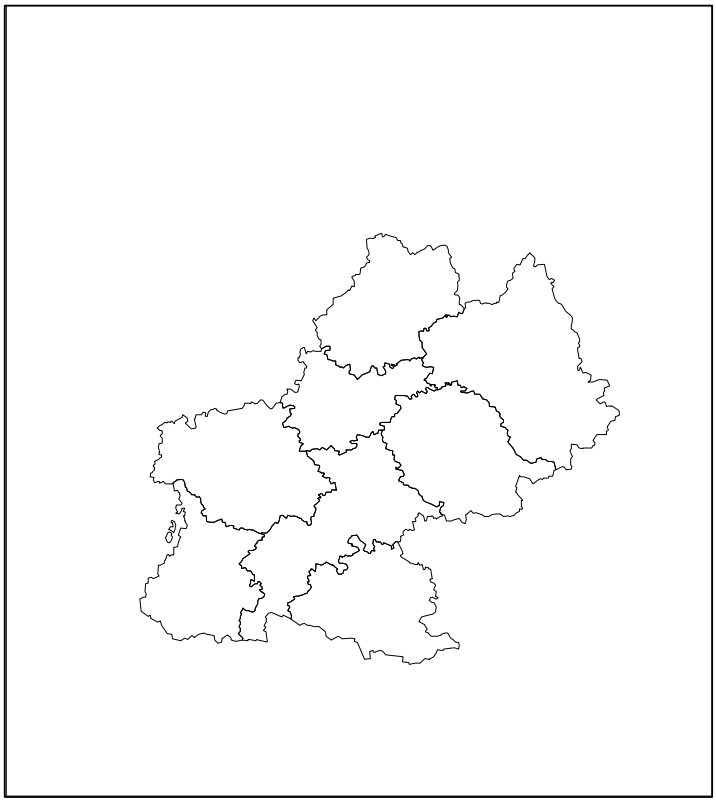


Fig. 125 : Midi-Pyrénées, découpage départemental

2. Si on ajoutait les données du recensement 1999 :
   - Pourrait-on simplement ajouter la quatrième date à la carte précédente ?
   - Comment procéder pour arriver à une carte lisible ?

3. A lire : BAVOUX et al (1998), pp. 54-73 (chapitres consacrés aux flux et dynamiques temporelles)